

多径間連続長大橋の構造計画の取組み

阪神高速道路

正会員 ○杉山裕樹 正会員 藤林美早

正会員 茂呂拓実

1. はじめに

近年海外では、多径間連続長大橋が建設され、技術的にもまた、景観上も高く評価されている。日本ではこれまで多くの長大橋が建設されてきたが、近年、その建設数は減り、また、多径間連続橋の事例は小規模な橋梁のみである。一方で橋梁に求められている性能は時代とともに変遷している。大量生産時代には画一的な要求性能により効率的な量の整備を実現でき、国土の発展に寄与してきたが、インフラが成熟してきた現代においては、個々の橋梁に求められる真の性能を検討し、それを実現していくことが重要である。その根幹をなすものが構造計画であると考えている。

本稿では兵庫県神戸市に位置する2つの航路に係る海上橋梁を題材に構造計画検討の取組みを紹介する。

2. 計画コンセプト

本橋においては、これまでの日本の橋梁技術の集大成として、「世界に誇れる橋梁計画と先進技術への挑戦」をビジョンに掲げ、①都市戦略と調和したデザイン・環境戦略、②被災地ゆへの減災設計・技術戦略、③計画時からのライフタイムアセットマネジメント戦略を最重要視し構造計画・設計に取り組んでいる¹⁾。特にデザインではユネスコのデザイン都市である神戸のランドマーク創出を目指すとともに周辺環境と調和するEleganceを求め、都市気質としての進取を重視した橋梁を計画すべきと考えた。構造計画はこのような計画理念や要求性能に如何に合致するかが求められる²⁾ことから最も重要な検討項目のひとつである。ここでは、構造計画のうち橋梁形式の検討について述べる。

3. 橋梁形式の比較手法

海上部の2つの航路を跨ぐ架橋条件から当初計画では、これらの航路だけを跨ぐ支間長600m及び520mの連続性のない2つの長大橋が計画されていたが、計画コンセプトに照らし合わせ、図-2に示すような多径間連続斜張橋および多径間連続吊橋を検討対象に加えた。構造計画のうち、橋梁形式の選定においては、要求性能および計画コンセプトに合致しているかが重要であるが、その評価手法を示したものはなく、個々の橋梁において個別に検討されているのが実情である。一方で、橋梁形式選定における説明責任も

ビジョン
世界に誇れる橋梁計画と先進技術への挑戦都市戦略と調和した
デザイン・環境戦略

被災地ゆへの減災設計・技術戦略

計画時からのライフタイム
アセットマネジメント戦略

図-1 ビジョンと戦略

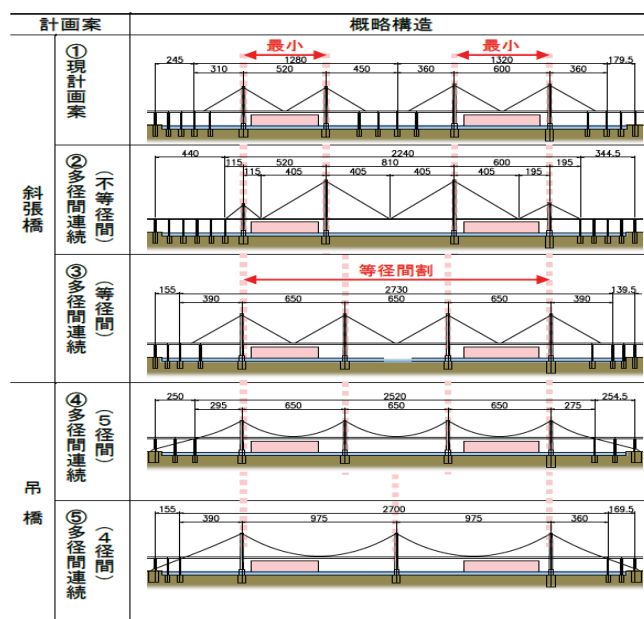


図-2 橋梁形式の比較案の抽出

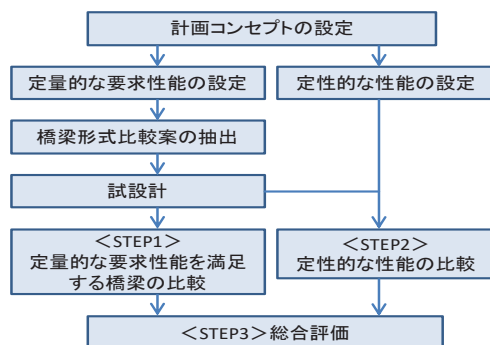


図-3 橋梁形式の比較における検討フロー

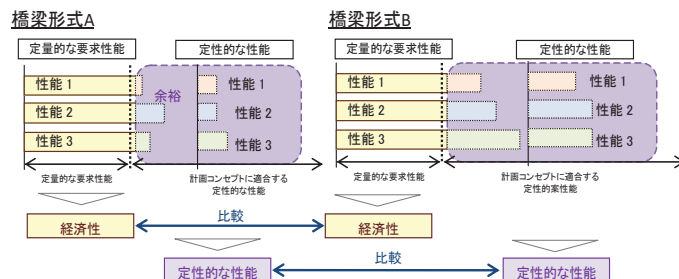


図-4 橋梁形式比較における評価の概念

キーワード 多径間連続長大橋, 構造計画, 計画コンセプト, 橋梁形式

連絡先 〒650-0041 神戸市中央区新港町 16-1 阪神高速道路(株) 神戸建設所 TEL 078-331-9801

当然必要であり、一定の客観性を持った評価が必要と考えている。そこで、本橋では図-3に示す検討フローおよび図-4に示す評価の概念により橋梁形式の比較検討を行った。定量的に要求性能として示される事項に対しては、設計計算によってそれを満足させることが条件となるため、全て同じ要求性能を有し、それを実現するためのコストが異なることとなる。したがって、コストによる評価が主となる。一方、景観や維持管理に関する事項、さらには想定と異なるような事象（予測して定量的に想定することが困難な事象）に対しては、相対比較による定性的な性能の評価となる。橋梁形式が計画コンセプトに合致しているかという観点は、この定性的性能の評価によるものが主と考えた。

今回設定した定性的な性能の評価指標を表-1に示す。計画コンセプトを踏まえ、また、道路橋示方書³⁾の構造計画における配慮事項も踏まえながら設定した。

評価にあたっては、定量的に示される要求性能を満足する基本構造のコスト評価点（Cost）と、計画コンセプトに適合する定性的な性能を相対評価した上で、点数化した性能評価点（Performance）とのP/Cの総合評価によって橋梁形式の比較を行うこととした。

4. 橋梁形式検討

定性的な性能の評価の一例を述べる。想定と異なる地震動による影響では定量的に想定することは困難であるため、過去の地震被害からくる経験的な事項とそれにより損傷が生じた後に連鎖的な損傷が生じ、致命的な状態になるリスクが高いかどうかを確認し、定性的に評価した。表-2に示すように過去の被災事例からは端部等の支承部や結合部に多く損傷が生じており、当該箇所が多い①現計画案はリスクが高いと言える。景観面からは島と島を結ぶ橋が連続した1本の橋として認識し得るなどの観点から多径間連続長大橋が優位である。さらに、維持管理に関する事項では、図-6に示すように桁端部や海上橋脚が少ない多径間連続長大橋の損傷リスクが低く、さらに点検性も優れると考えられる。このように表-1に示す項目を相対評価し3.に示した総合評価にて橋梁形式を選定していく予定である。

5. まとめ

本稿では長大橋を題材に計画コンセプトに基づく構造計画手法およびその一部の評価例を示した。今後、各橋梁形式の費用を算出し、総合評価を行って、橋梁形式を絞り込んでいき、さらに、各部材の形式を検討していく予定である。本検討が今後の構造計画の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 金治英貞, 小坂崇, 杉山裕樹, 篠原型二: 多径間連続長大橋の構造計画と技術展望: 橋梁と基礎, Vol.51, pp.51~54, 2017.8.
- 2) (公社)土木学会: 土木構造物共通示方書 基本編/構造計画編, 2016.9.
- 3) (公社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 2017.11.

表-1 橋梁形式比較における定性的な性能の評価項目

項目	基本理念の事項	橋梁形式比較における評価項目
被災地中への減災設計・技術戦略	使用目的との適合性 (構造物の安全性)	【大地震】 設計想定と異なる大規模地震に対して構造全体として致命的な状態にならない橋梁形式 【地震震度】 設計想定と異なる地震震度に対してより影響が小さい橋梁形式 【津波】 津波に対してより影響の小さい橋梁形式 【強風】 設計想定と異なる強風に対して発散振動が生じにくい橋梁形式 【火災】 火災に対してより影響の小さい橋梁形式 【緊急時の点検性】 緊急時に点検のしやすい橋梁形式
	維持管理の確実性及び容易さ	
	環境との調和	【都市景観】 海と山に囲まれ港の発展とともに栄えたまち「みなと神戸」にふさわしい景観を創出し、まちの魅力づくりに貢献できる橋梁形式 【先進性】 進取の気性に富む神戸の性格を踏まえ、世界に誇れる先進的な技術を用いた橋梁形式 【路線の連続性】 異なる気質を持った地域を本橋が結ぶことになるため、一本の線と感じる連続性を有した橋梁形式 【将来の発展性】 現在だけでなく、100年先の土地利用状況の可能性を考慮した橋梁形式 【社会・自然環境との調和】 社会環境や自然環境と調和した橋梁形式
計画コンセプト	使用目的との適合性 (構造物の耐久性)	【疲労】 都市高速の特性から疲労耐久性の弱点となり得る部位が少ない橋梁形式 【腐食・塩害】 沿岸地域の特性から腐食や塩害を生じる可能性が高い部位が少ない橋梁形式 【通行規制】 維持管理において通行規制が必要となる部位が少ない橋梁形式
	使用目的との適合性	
	維持管理の確実性及び容易さ	【確実な点検】 点検が困難となる部位が少なく、また、より点検のしやすい橋梁形式 【更新・伸縮等】 更新することを想定する部材の更新が、確実かつできるだけ容易に行いやすい橋梁形式 【更新・主部材等】 全ての部材について、万が一の場合の各部材の補強や更新(機能回復)の実現性がより高い橋梁形式 【使用性・変形・振動】 設計で想定しない変形や振動を生じる可能性がより小さい橋梁形式

表-2 これまでの長大橋の被災事例

橋梁名, 対象地震	主な損傷内容
東神戸大橋, 1995. 1.17 兵庫県南部地震	端橋脚のせん断座屈, 局部座屈, 端橋脚部のウインドウ破断(セトボルト破断)・ベンデル支承のピン脱落, 側径間の主桁の跳ね上がり
新那珂川大橋, 2011.3.11 東北地方太平洋沖地震	主桁・端橋脚: 分散支承のゴム破断, セトボルト破断
桑鶴大橋, 2016. 4.14 熊本地震	橋台部の橋軸方向落橋防止のアンカーボルト引き抜き, 支承の破壊, 直角方向移動制限の損傷(桁の乗上げ)
集鹿大橋, 1999.9.21 台湾大地震	塔と桁の剛結部, および基部の塔柱に損傷(かぶりコンクリート剥離, 軸方向鉄筋の座屈, ひび割れ), ケーブル抜け出し(施工不良が原因)



図-5 遠望からのランドスケープデザイン

①中間橋脚がなくなる 4基 → 0基	②桁端不連続部が減少 3箇所 → 2箇所	③海上橋脚(支承)が減少 15基 → 9基
【中間橋脚の問題】 橋梁点検車による桁点検が必要 → 交通規制が必要 ↓ 中間橋脚がなくなると 橋梁点検車による点検 → 交通規制が不要	【桁端不連続部の問題】 破損のリスク 大型の伸縮装置の破損は交通事故につながる可能性が高い ↓ 腐食等による劣化のリスク 桁端部は劣化損傷が多発する部位	【海上橋脚の問題】 防食や塩害による劣化のリスク ↓ 点検しにくい
【得られるメリット】 使用性の向上 (交通規制や車載リスクが少なくなる) 維持管理の容易さの向上 (桁下点検車による点検が可能となる)	【得られるメリット】 耐久性の向上 (損傷部が少なくなる) 使用性の向上 (車載リスク、取替えによる規制、通断等)	【得られるメリット】 耐久性の向上 (損傷部が少なくなる) 維持管理の容易さの向上 (点検しにくい箇所が少なくなる)

図-6 多径間連続橋の維持管理面における特徴